ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 AOUT 1921.

PRÉSIDENCE DE M. Léon GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **A. Vayssière** adresse un rapport relatif à l'emploi de la subvention de 3000fr qui lui a été accordée sur le fonds Bonaparte en 1919.

CORRESPONDANCE.

M. le **Président du Conseil d'Administration de la Fondation Edmond de Rothschild** prie l'Académie de bien vouloir désigner un de ses Membres (Section de Physique) pour remplacer à cette Fondation M. *Gabriel Lippmann*, décédé.

A l'occasion de la pose de la première pierre de la nouvelle bibliothèque de l'Université de Louvain, S. E. le **Cardinal Mercier**, archevêque de Malines, adresse une lettre au Président de l'Institut pour remercier les cinq Académies de l'Institut de France d'avoir envoyé des représentants à cette cérémonie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les fonctions hypergéométriques d'ordre supérieur, à deux variables.* Note de M. **J. Kampé de Fériet**, transmise par M. Appell.

I. Parmi les *fonctions hypergéométriques les plus générales à deux variables*, une classe particulière apparaît comme la généralisation la plus

directe des quatre fonctions de M. Appell et se distingue par la plus grande simplicité de ses propriétés. Cette classe spéciale est constituée par les fonctions

$$(1)\qquad F(x,y)=\sum_{m,n}\frac{\prod_{i=1}^{i=\mu}(\alpha_i, m+n)\prod_{i=1}^{i=\nu}(\beta_i, m)(\beta'_i, n)}{\prod_{i=1}^{i=\rho}(\gamma_i, m+n)\prod_{i=1}^{i=\sigma}(\delta_i, m)(\delta'_i, n)}\,\frac{x^m y^n}{(1, m)(1, n)},$$

les seules restrictions nécessaires étant que $\mu+\nu\leq\rho+\sigma+1$ et qu'aucune des constantes γ_i, δ_i, δ'_i ne soit égale à un entier négatif. Il est clair que les fonctions de M. Appell correspondent aux cas particuliers suivants :

	F_1	F_2	F_3	F_4
μ	1	1	0	2
ν	1	1	2	0
ρ	1	0	1	0
σ	0	1	0	1

On pourrait donner aux fonctions $F(x, y)$, par analogie avec le cas d'une variable (¹), le nom de *fonctions hypergéométriques d'ordre supérieur*, *l'ordre* de la fonction étant caractérisé par le nombre $\omega=\rho+\sigma$. Une fonction d'ordre ω est *complète* lorsque $\mu+\nu=\omega+1$. Toute fonction d'ordre ω, telle que $\mu+\nu<\omega+1$, se déduit par dégénérescence d'une fonction complète de même ordre, comme les fonctions $G(\alpha, \gamma, x)$ de Kummer et $J(\gamma, x)$ de Bessel se tirent de $F(\alpha, \beta, \gamma, x)$ par le procédé que les auteurs anglais appellent *confluence* des singularités.

Le nombre des types différents des fonctions complètes d'ordre ω est égal à $\omega(\omega+3)$. On l'obtient en cherchant le nombre des solutions acceptables du système :

$$\mu+\nu=\omega+1,\qquad \rho+\sigma=\omega,$$

desquelles on doit exclure les deux combinaisons :

$$\mu=\omega+1,\ \nu=0,\ \rho=\omega,\ \sigma=0\qquad\text{et}\qquad \mu=0,\ \nu=\omega+1,\ \rho=0,\ \sigma=\omega,$$

qui donnent pour F respectivement une fonction de $x+y$ et le produit d'une fonction de x par une fonction de y.

Pour l'ordre 1, les fonctions complètes sont représentées par les quatre

(¹) E. Goursat, *Sur les fonctions hypergéométriques d'ordre supérieur* (*Ann. Ec. Norm.*, t. 12, 1883).

fonctions de M. Appell, les fonctions incomplètes par leurs dégénérescences récemment étudiées par M. P. Humbert ([1]). Le Tableau suivant fournit les dix types de fonctions complètes d'ordre 2 :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
μ	3	3	2	2	2	1	1	1	0	0
ν	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3
ρ	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1
σ	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1

Les fonctions d'ordre 2 incomplètes appartiennent à douze types différents : sept pour lesquelles $\mu+\nu=2$, quatre pour lesquelles $\mu+\nu=1$, une pour laquelle $\mu+\nu=0$.

II. *Toute fonction d'ordre* ϖ *vérifie un système de deux équations aux dérivées partielles d'ordre* $\varpi+1$, qui se déduisent, comme cas particulier, des équations générales données dans une Note précédente ([2]). Les polynomes P, Q, R, S, dont la connaissance suffit pour pouvoir former ces équations, ont ici pour expression

$$P=\prod_{i=1}^{i=\mu}(\alpha_i+m+n)\prod_{i=1}^{i=\nu}(\beta_i+m);$$

$$Q=\prod_{i=1}^{i=\mu}(\alpha_i+m+n)\prod_{i=1}^{i=\nu}(\beta'_i+n);$$

$$R=(m+1)\prod_{i=1}^{i=\rho}(\gamma_i+m+n)\prod_{i=1}^{i=\sigma}(\delta_i+m);$$

$$=(n+1)\prod_{i=1}^{i=\rho}(\gamma_i+m+n)\prod_{i=1}^{i=\sigma}(\delta'_i+n).$$

Les polynomes R et S contenant $(m+1)$ et $(n+1)$ en facteur, il convient d'appliquer les formules simplifiées (5) et (5'); d'où le système :

$$\begin{array}{l}\Sigma(\rho_{j,k}-\alpha_{j,k}x)x^j y^k p_{j,k}=0\\ \Sigma(\sigma_{j,k}-\beta_{j,k}y)x^j y^k p_{j,k}=0\end{array}\qquad\left(p_{j,k}=\frac{\partial^{j+k}F}{\partial x^j\,\partial y^k}\right).$$

Les coefficients $\alpha_{j,k}$, $\beta_{j,k}$, $\rho_{j,k}$, $\sigma_{j,k}$ sont des combinaisons linéaires à coeffi-

([1]) P. HUMBERT, *The confluent hypergeometric Functions of two Variables* (*Proc. r. Soc. Edinburgh*, vol. 41, Part I, n° 9).

([2]) *Sur les systèmes d'équations aux dérivées partielles des fonctions hypergéométriques les plus générales* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1634).

cients entiers, respectivement, d'expressions de la forme

$$S_p(\alpha_i)S_q(\beta_i);\quad S_p(\alpha_i)S_q(\beta'_i);\quad S_p(\gamma_i)S_q(\delta_i);\quad S_p(\gamma_i)S_q(\delta'_i),$$

le symbole $S_p(\alpha_i)$ désignant la somme des produits p à p des μ quantités α_i et les autres ayant des significations analogues.

Par exemple, la fonction complète d'ordre 2 et du type 10

$$F(x, y) = \sum_{m,n} \frac{(\beta_1, m)(\beta'_1, n)(\beta_2, m)(\beta'_2, n)(\beta_3, m)(\beta'_3, n)}{(\gamma, m+n)(\delta, m)(\delta', n)(1, m)(1, n)} x^m y^n$$

vérifie le système de deux équations du troisième ordre

$$x^2(1-x)p_{3,0} + xyp_{2,1} + [\gamma + \delta + 1 - (3 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3)x]xp_{2,0} + \delta y p_{1,1}$$
$$+ [\gamma\delta - (1 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_1\beta_2 + \beta_2\beta_3 + \beta_3\beta_1)x]p_{1,0} - \beta_1\beta_2\beta_3 p_{0,0} = 0,$$
$$y^2(1-y)p_{0,3} + xyp_{1,2} - [\gamma + \delta' + 1 - (3 + \beta'_1 + \beta'_2 + \beta'_3)y]yp_{0,2} + \delta' x p_{1,1}$$
$$+ [\gamma\delta' - (1 + \beta'_1 + \beta'_2 + \beta'_3 + \beta'_1\beta'_2 + \beta'_2\beta'_3 + \beta'_3\beta'_1)y]p_{0,1} - \beta'_1\beta'_2\beta'_3 p_{0,0} = 0.$$

Soit encore la fonction d'ordre 2, mais incomplète ($\mu + \nu = 0$).

$$\Phi(x, y) = \sum_{m,n} \frac{1}{(\gamma, m+n)(\delta, m)(\delta', n)(1, m)(1, n)} x^m y^n$$

qui se déduit par dégénérescence de la précédente en supposant tous les β et β' égaux à $\frac{1}{\varepsilon}$ et en remplaçant x et y par $\varepsilon^3 x$ et $\varepsilon^3 y$, puis en faisant tendre ε vers 0.

En passant à la limite dans le système vérifié par F, on en tire pour Φ

$$x^2 p_{3,0} + xy\, p_{2,1} + (\gamma + \delta + 1)x p_{2,0} + \delta y\, p_{1,1} + \gamma\delta\, p_{1,0} - p_{0,0} = 0,$$
$$y^2 p_{0,3} + xy\, p_{1,2} + (\gamma + \delta' + 1)y p_{0,2} + \delta' x p_{1,1} + \gamma\delta' p_{0,1} - p_{0,0} = 0.$$

MÉCANIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Résistance tangentielle et radiale d'un fluide sur un corps qui tourne. Application à l'isochronisme du pendule conique par une force centrale.* Note [1] de M. **R. Serville**, transmise par M. Paul Sabatier.

A. Entretien d'un manège. — Mon dispositif a le double avantage de donner la valeur du couple moteur et de n'introduire que de faibles frottements. Un axe vertical sur pivot porte une poulie P, entraînée par un fil sans fin, et deux bras opposés, au bout desquels sont fixés les corps à

[1] Séance du 16 août 1921.

étudier (disques en carton, sphères, hémisphères en celluloïd, etc.). La portion de fil qui s'éloigne de P passe sur une poulie de renvoi, descend verticalement, fait un demi-tour sur la poulie Q, monte, fait un demi-tour sur la poulie R, descend, fait un demi-tour sur la poulie S, monte, passe sur une poulie de renvoi et revient sur P. Les poulies moufflées Q et S portent, la première un plateau et des poids, la seconde un pont dont les pieds plongent dans deux godets remplis d'eau acidulée. P tourne sous l'action de la différence des poids q et s des poulies Q et S et de leurs accessoires. Par tour de P, de diamètre R, Q descend et S monte de πR : d'où travail moteur $(q-s)\pi R$ et couple moteur $(q-s)R:2$ indépendant de la vitesse de rotation du manège. Si R était immobile, le mouvement s'arrêterait bientôt. Pour l'entretenir, une dynamo, montée avec le pont en dérivation sur le secteur, actionne R dans le sens qui remonte Q. Si le moteur va plus vite que ne le demande le mouvement de P, le pont descend dans l'eau acidulée, la résistance électrolytique de la dérivation diminue, le courant qui la traverse augmente, tandis que diminue celui qui alimente la dynamo. Si le moteur va trop lentement, c'est l'inverse. Au bout de quelques oscillations, le pont se fixe dans une position telle que la vitesse de la dynamo correspond à celle que la charge $(q-s)$ impose à P.

B. Mesure de la composante tangentielle R_t (normale au bras) de la résistance. — J'ai montré que le couple moteur est indépendant de la vitesse de rotation du système. Si le couple résistant Γ, dû aux frottements du manège et à la résistance de l'air sur le corps en expérience, était aussi indépendant de la vitesse angulaire ω, celle-ci serait indéterminée. Γ croissant avec ω, elle augmente jusqu'à la limite pour laquelle les couples sont égaux

$$(q-s)R:2=\Gamma(\omega). \tag{1}$$

A chaque valeur de $(q-s)$ correspond une valeur de ω. Je détermine expérimentalement la courbe $\Gamma(\omega)$. Supprimons le corps en expérience, laissons tourner les bras, déterminons la nouvelle courbe $j(\omega)$. La présence du corps augmente le couple résistant de la différence

$$\Phi(\omega)=\Gamma(\omega)-j(\omega).$$

La loi $\Phi(\omega)$ s'obtient avec une approximation de l'ordre du $\frac{1}{1000}$, le couple j et surtout ses variations (les seules qui troublent la vitesse de régime) étant petits devant Γ. Si l'on connaît la distance r de l'axe au point d'application de la résistance, on calcule R_t par $\Phi(\omega)=r.R_t$.

C. Existence, mesure, applications de la composante radiale $\overline{R}_r$ (parallèle au bras) de la résistance. — *a. Utilisation du manège pour l'entretien du pendule conique.* — Le manège est placé sous le pendule, l'axe dans la verticale du point de suspension. Le bras pousse la pointe du pendule qui s'écarte de la verticale pour une valeur suffisante du poids q. Le couple résistant Γ croît comme le cube de l'angle au sommet θ : le bras de levier variant comme θ, la résistance de l'air sur le pendule comme θ^2. La vitesse angulaire ω croît lentement avec θ d'après

$$(3) \qquad T = 2\pi\sqrt{l\cos\theta : g}.$$

Au bout de quelques instants θ se fixe, T reste constant à quelques cent-millièmes, les variations de j étant petites devant Γ.

b. Composante radiale prouvée par la répulsion du mur. — Pour utiliser le pendule conique à régler un appareil, on doit augmenter les résistances qui croissent avec θ. Pour cela je fixe au bout du pendule une petite sphère qui barbote dans un liquide (eau, huile) remplissant un réservoir cylindrique annulaire placé sous le bras. La courbe expérimentale $T(\theta)$ ne coïncide plus avec la courbe (3). Elle se relève au voisinage de la paroi intérieure du réservoir, s'abaisse près de la paroi extérieure. La courbe (3) est obtenue en décomposant le poids du pendule selon la direction du fil de suspension et selon l'horizontale, et en écrivant que cette dernière composante $mg\tang\theta$ équilibre la force centrifuge $m\omega^2 r$, r désignant la distance du centre de gravité du pendule à l'axe. Le résultat expérimental s'explique en ajoutant une répulsion de la paroi. Près de la paroi intérieure, elle s'ajoute à la force centrifuge et pour une même valeur de θ_0, on a

$$(4) \qquad mg\tang\theta_0 = m\omega_0^2 r_0 = m\omega^2 r_0 + R_r.$$

On trouve bien

$$\omega < \omega_0, \qquad T > T_0$$

et l'inverse près de la paroi extérieure. Vérifions l'hypothèse directement. La boule décrivant un parallèle équidistant des parois verticales du réservoir, je mesure T_0. En disposant de q, je conserve à θ_0 sa valeur et j'introduis successivement une cloison cylindrique intérieurement au parallèle, la période est T_i; puis, extérieurement, la période est T_e : je trouve bien

$$T_i > T_0 > T_e.$$

c. Mesure de la composante radiale R_r. — Je mesure T avant et après

l'introduction de R_r. D'après (4), on a

$$R_r = m r_0 (\omega_0^2 - \omega^2) = 8\pi^2 m r_0 \Delta T : T^3.$$

On augmente la sensibilité en diminuant m, r_0 et en augmentant T. En mesurant $\Delta T : T$ à une approximation du cent-millième on obtient sur R_r celle de la dyne.

d. Application à l'isochronisme du pendule conique. — Ce qui précède amène à chercher quelle force radiale R_r il faut appliquer au pendule pour rendre

$$T = T(\theta_0) \qquad \text{ou} \qquad \Delta T : T = 0.$$

Le calcul montre que R_r, nulle pour $\theta = 0$, doit être d'abord centripète, croître jusqu'à un maximum pour $\theta = \theta_1$, décroître jusqu'à o pour $\theta = \theta_0$, puis devenir centrifuge. Parmi les dispositifs susceptibles d'obtenir ce résultat, le plus simple crée une force constante et isochronise autour du maximum θ_1. La pointe du pendule, de poids mg, enfile un anneau auquel est attaché un fil. Ce fil passe sur une poulie montée sur couteau et porte à son extrémité un poids $m'g$.

Le calcul donne

$$m' = m \operatorname{tang}^3 \theta_1.$$

m' est indépendant de la longueur du pendule et de celle du fil qui supporte $m'g$. Le système est pratiquement indéréglable. Deux pendules ainsi isochronisés, comparés par une méthode de coïncidence, ont des marches qui diffèrent de moins de $\frac{1}{100000}$.

e. Action réciproque de deux corps. — Je me propose d'étudier l'action réciproque de deux corps (disques, sphères, cylindres) tournant concentriquement avec leurs centres sur le même rayon.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le mouvement d'une particule dans le champ d'un noyau chargé* (1). Note de M. K. **Ogura**, transmise par M. Émile Borel.

Si nous prenons la quantité

$$[m_2] = c m_2 \frac{dt}{ds}$$

comme *masse effective*, nous avons

$$[m_2] = \frac{m_2}{\sqrt{\gamma - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

(1) Voir la Note précédente du même titre (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 348).

Il est remarquable que

$$[m_2]_{v=0} = \frac{m_2}{\sqrt{\gamma}} \neq m_2, \qquad [c][m_2]_{v=0} = c m_2,$$

$$[m_2] v^2 = T + T_1 = \dot{r} \frac{\partial T_1}{\partial \dot{r}} + \dot{\Phi} \frac{\partial T_1}{\partial \dot{\Phi}},$$

$$[m_2] - [m_2]_{v=0} = \frac{T}{[c]^2}$$

$[c] (= c\sqrt{\gamma})$ désignant la *vitesse de la lumière*. Et les équations du mouvement peuvent se mettre sous la forme

$$\frac{d}{\sqrt{\gamma}\, dt}\left([m_2] \frac{d}{\sqrt{\gamma}\, dt} r\right) - [m_2] \frac{\omega^2}{r^3} = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2}{r^2} - k \frac{m_1 [m_2]}{r^2} + \frac{k \varepsilon_1^2}{c^2} \frac{[m_2]}{r^3},$$

$$[m_2] \omega = h \qquad (\omega = r^2 \dot{\Phi}),$$

tout à fait analogue aux formules de la mécanique classique.

Application à la théorie des quanta. — On peut démontrer que *l'intégrale de l'action*

$$\int (T + T_1)\, dt = \int p_r\, dr + p_\Phi\, d\Phi,$$

$$\left(p_r = \frac{\partial T_1}{\partial \dot{r}}, \quad p_\Phi = \frac{\partial T_1}{\partial \dot{\Phi}}\right)$$

est un invariant adiabatique, si les paramètres variables sont contenus dans l'énergie potentielle, mais pas dans $T + T_1$.

Appliquons ce résultat à la théorie des *spectres* en utilisant les raisonnements de M. Sommerfeld. Alors nous trouvons la formule

$$(n, n') = N\left(\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}\right)^2 \left[\frac{\lambda}{(n+n')^2} + \frac{\alpha^2}{(n+n')^4}\left(\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}\right)^2 \left(\frac{1}{4} + \frac{n'}{n}\lambda\right) + \ldots\right],$$

où

$$\lambda = 1 + \frac{2 k m_1 m_2}{\varepsilon_1 \varepsilon_2}$$

au lieu de la formule de Sommerfeld [1]

$$(n, n') = N\left(\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}\right)^2 \left[\frac{1}{(n+n')^2} + \frac{\alpha^2}{(n+n')^4}\left(\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}\right)^2 \left(\frac{1}{4} + \frac{n'}{n}\right) + \ldots\right]$$

Dans le cas de l'hydrogène nous avons

$$\varepsilon_2 = -\varepsilon_1, \qquad \lambda = 1 - 9{,}1 \times 10^{-40}.$$

---

(1) A. Sommerfeld, *Atombau und Spektrallinien*, 2e édition, p. 334.

OPTIQUE. — *Dépolarisation de la lumière par les liquides tenant en suspension des particules cristallines* [1]. Note de M. **St. Procopiu**.

En introduisant une liqueur mixte entre un polariseur et un analyseur à pénombre, on constate, *en dehors de tout champ* électrique ou magnétique que les azimuts d'égalité d'éclairement des deux plages se déterminent mal, les plages étant trop éclairées, et dans le cas des grandes concentrations en particules, en tournant le nicol analyseur, les deux plages restent incessamment lumineuses; ce qui n'arrive pas avec les liquides purs. J'ai attribué ce fait à la dépolarisation de la lumière par les suspensions du liquide et j'ai cherché à l'étudier par la méthode du biréfringent de Cornu.

Dispositif expérimental. — Un faisceau de lumière ($0,578^{\mu}$) traverse successivement un polariseur, le tube avec le liquide à étudier, un biréfringent à deux images, un nicol analyseur et une lunette. On arrange l'analyseur à l'extinction et l'on introduit ensuite, entre les nicols, un biréfringent, qu'on tourne dans sa bonnette jusqu'à ce que les deux images disparaissent; dans ce cas les sections principales du biréfringent et de l'analyseur sont parallèles. Si l'on introduit un liquide dépolarisant, l'une des images va apparaître; en faisant tourner l'analyseur, l'autre image apparaît aussi et, pour un angle α, on aura leur égalité d'éclat. Si N est l'intensité de la lumière dépolarisée et P celle polarisée, les deux images deviennent égales lorsque

$$\text{(1)} \qquad \operatorname{tang}^2\alpha = \frac{N}{N+P} = \rho.$$

Le rapport ρ mesure la proportion de lumière dépolarisée.

Si les verres de fermeture du tube sont biréfringents, l'extinction par le prisme biréfringent n'est pas complète au début. En effet, mettons entre le polariseur et le biréfringent une lame cristalline, dont la section principale fait l'angle φ avec la section du biréfringent. Il y aura deux images, d'intensités [2]

$$I_1 = \sin^2 2\varphi \sin^2 \frac{\pi\delta}{\lambda} \qquad \text{et} \qquad I_2 = 1 - \sin^2 2\varphi \sin^2 \frac{\pi\delta}{\lambda}$$

$\left(\frac{\pi\delta}{\lambda} = \beta \text{ est la biréfringence de la lame pour la radiation } \lambda\right)$. L'analyseur

---

[1] Séance du 8 août 1921.

[2] P. Drude, *Précis d'Optique*, t. 2, p. 106.

amènera ces deux images à l'égalité d'éclat lorsque

$$(2) \qquad \tan^2\alpha = \frac{I_1}{I_2} = \frac{\sin^2 2\varphi \sin^2\beta}{1 - \sin^2 2\varphi \sin^2\beta}.$$

Cette formule (2) se vérifie bien, en cherchant l'angle α, pour la lumière ayant traversé une lame de verre comprimée, de biréfringences connues. Afin que la biréfringence des substances introduites sur le trajet n'intervienne pas dans la mesure de la dépolarisation, il faut s'arranger pour que φ soit nul.

Résultats. — 1. Dans le Tableau suivant est donnée la dépolarisation produite par diverses liqueurs mixtes et divers précipités, pour des concentrations qualitativement équivalentes en particules :

Suspension.	α.	ρ pour 100.
	°	
Eau ordinaire	0	0
Sulfure de carbone et solutions diverses	0,5	0,008
Alun-pétrole	1	0,03
Sel gemme-pétrole	2	0,1
AgCl précipité-eau	2	0,1
Soufre cristallisé-pétrole	3	0,3
Verre pilé-pétrole	5	0,8
Quartz-pétrole	6	1,1
$AlCl^3 + SO^4K^2$ précipité	8	2,1
Benzoate chaux-pétrole	22	16
CO^3Ca précipité	26	24
Spath-eau	33	42
Tartrate K précipité	29	31
Acide borique-pétrole	36	53
Solution $FeCl^3$	26	27

Il en résulte que la dépolarisation est pratiquement nulle pour les liquides purs, et extrêmement réduite pour les suspensions non cristallines ou cristallisant dans le système cubique (alun, sel gemme, chlorure d'argent); et qu'elle est puissante pour les suspensions biréfringentes. Un fait intéressant à remarquer est que la solution de chlorure ferrique, qui montrait un dichroïsme positif dans le champ magnétique, était fortement dépolarisante; il est donc possible que les particules colloïdales qui donnent l'effet Majorana soient cristallines et biréfringentes.

2. La dépolarisation croît avec la concentration en particules de la liqueur. Un exemple : on produit un précipité de CO^3Ca (d'une solution diluée d'azotate de chaux et d'une de carbonate de sodium) et l'on obtient

des concentrations différentes du précipité en diluant avec de l'eau. Voici les mesures des dépolarisations :

Concentration C.	α	$100\,\frac{\alpha}{C}$
100	23°,1	23,1
66	16,4	24,8
44	11,1	25,2
29	6,0	20,3
19	3,6	19
12,5	2,5	20
8,4	1,6	19

On voit, d'après ce Tableau, que l'angle de dépolarisation α, en degrés, est proportionnel à la concentration C de la suspension $\left(\text{c'est-à-dire que le rapport } \frac{C}{\alpha} \text{ est constant}\right)$, au moins pour les petites concentrations.

La dépolarisation par les suspensions pourrait être due aux réflexions multiples sur les surfaces des particules, ce qui est probable pour les grosses particules, ou aux rayons diversement polarisés après la traversée des particules biréfringentes. L'expérience a montré que cette seconde cause prend une place plus importante dans la production de la dépolarisation.

Si la lumière traverse une lame de biréfringence β, alors la formule (2) nous donnera le rapport des intensités des deux images. Mais si la lumière traverse une série de lames ou de particules d'égales épaisseur et biréfringence, et disposées au hasard, les vibrations qui les traversent ont tous les azimuts possibles, et par suite la lumière est dépolarisée. Le rapport des deux images sera donné par une formule du genre (2), mais dans laquelle interviendra la biréfringence $n\beta$, et, de cette façon, l'angle de dépolarisation α sera proportionnel à n, le nombre des particules [1].

La mesure de la dépolarisation peut être employée à l'étude de la formation des précipités cristallins, en permettant de déceler des quantités de l'ordre de $0^{g},005$ par litre (dans le cas du CO^3Ca), et peut rendre service dans l'étude des colloïdes, pour trouver l'anisotropie des particules.

---

[1] Si dans la formule (2) on prend la moyenne de $\sin^2 2\varphi$, elle deviendra $\tan^2\alpha = \frac{\sin^2 n\beta}{2 - \sin^2 n\beta}$, et le calcul montre que le rapport $\frac{\alpha}{n}$ est sensiblement constant jusqu'à des valeurs de α, qui ne dépassent pas 27°.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la transformation du fer au point de Curie.* Note [1] de M. P. **Dejean**, transmise par M. H. Le Chatelier.

On est encore loin d'être d'accord sur la nature de la transformation qui s'accomplit dans le fer au point de Curie. Suivant les uns, cette transformation est essentiellement allotropique; suivant d'autres, au contraire, elle est d'origine purement magnétique.

Nous allons rapporter ici quelques essais qui ont été entrepris dans le but de contribuer à éclaircir un peu cette question.

Nous avons disposé au centre d'un solénoïde suffisamment long pour que l'influence des bouts soit assez faible, un barreau cylindrique d'acier extra-doux, ayant $1^{m}200^{mm}$ de longueur et 20^{mm} de diamètre.

Une bobine d'épreuve disposée sur la partie centrale du barreau permet de déterminer, au moyen d'un balistique étalonné, la variation du flux qu'il subit lorsqu'on inverse le courant dans le solénoïde. C'est ainsi que nous avons pu établir la courbe $\mathfrak{B} = f(\mathcal{H})$ représentée figure 1 sous la désignation $E = 0$.

Nous avons alors substitué au barreau monobloc dont nous venons de parler, un barreau à peu près identique, mais constitué par un empilage de 120 cylindres de 20^{mm} de diamètre et de 10^{mm} de longueur. Le métal de ces cylindres a été pris dans le même lingot et traité de la même façon que celui du barreau précédent. Malgré l'ajustage soigné de ces 120 cylindres, ils ne plaquent pas sans laisser entre eux de petits intervalles d'air.

En comparant la densité apparente du cylindre ainsi constitué, à la densité réelle de l'acier, nous avons pu évaluer à $0^{mm},065$ la valeur moyenne de l'entrefer existant ainsi entre chaque cylindre.

En opérant comme il a été dit pour le cylindre monobloc, avec une bobine d'épreuve de 200^{mm} de longueur (de manière que le flux observé soit bien le flux moyen qui traverse les cylindres d'acier et les entrefers, dans la région centrale de l'empilage), on obtient la courbe $E = 0,065$ de la figure 1.

En interposant ensuite entre chaque cylindre, des papiers, des cartons, ou même des cylindres de bois, d'épaisseur rigoureusement régulière, et en opérant toujours de même, nous avons obtenu successivement les courbes $E = 0,27$; $E = 1,2$; $E = 2,6$; $E = 5$ de la figure 1.

---

[1] Séance du 16 août 1921.

Les différentes valeurs de E indiquent en millimètres les épaisseurs d'entrefers que nous avions ainsi établies entre chacun des 120 cylindres d'acier.

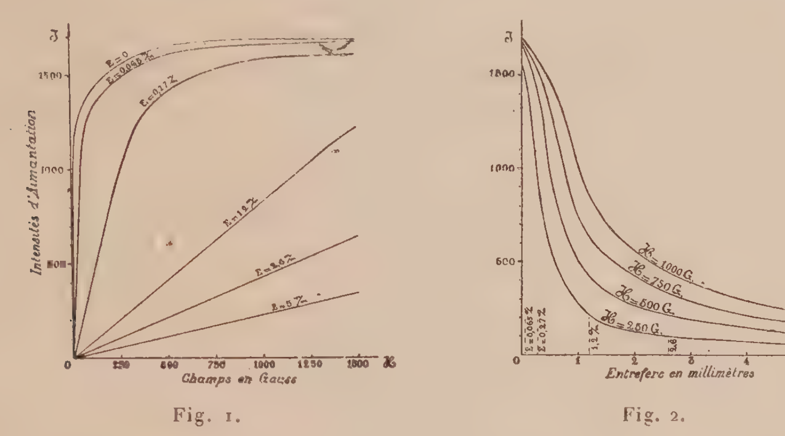


Fig. 1.

Fig. 2.

Si maintenant nous relevons sur les courbes de notre figure 1, pour différentes valeurs du champ (250, 500, 750 et 1000 gauss, pour fixer les idées), quelles sont les valeurs correspondantes des intensités d'aimantation dans les différentes courbes, et que nous construisions avec ces résultats, pour chaque valeur du champ choisie, une courbe $\mathfrak{J} = f(E)$, nous obtenons alors une nouvelle famille de courbes, représentée figure 2.

On voit que lorsqu'on augmente progressivement les entrefers des 120 cylindres, l'intensité d'aimantation moyenne qui traverse l'empilage ne décroît pas linéairement. La décroissance, d'abord lente, prend ensuite une allure extrêmement rapide, puis se ralentit progressivement pour devenir presque négligeable.

Un simple coup d'œil jeté sur ce faisceau de courbes $\mathfrak{J} = f(E)$ montre son analogie avec le faisceau de courbes $\mathfrak{J} = f(\theta)$ établi par Curie ([1]), et dans lequel θ représente la température.

Ainsi l'on obtiendrait un résultat du même ordre, en substituant à l'action de températures progressivement croissantes, celle d'entrefers d'épaisseur progressivement croissante.

Cette analogie peut s'expliquer très simplement. Il suffit d'admettre que l'élévation de température provoque un écartement progressif des aimants élémentaires, analogue à celui que nous avons réalisé expérimentalement avec nos entrefers variables.

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. 5, 1895, p. 403, fig. 15.

Quel est maintenant le mécanisme de cet écartement?

On peut très bien le concevoir, suivant l'hypothèse récente émise par M. Chevenard pour les ferronickels réversibles (¹), par la transformation progressive d'une forme α magnétique, stable à froid, en une forme β isomorphe, non magnétique, stable à chaud; cette transformation amenant une dilution, progressive également, des éléments magnétiques ou aimants élémentaires, dans une masse non magnétique.

Mais si cette dilution est assez vraisemblable dans certains cas, elle n'est pas obligatoirement nécessaire. L'effet thermique pourrait expliquer à lui seul, dans d'autres cas, l'écartement progressif des aimants élémentaires.

En résumé, la discontinuité apparente qui se produit au point de Curie dans les propriétés magnétiques peut très bien s'expliquer par une action continue : transformation progressive d'une forme α en une forme β isomorphe; ou simplement écartement progressif des aimants élémentaires par l'élévation progressive de la température.

Il faut noter, en outre, que la température à laquelle se produit la chute brusque du magnétisme d'un corps ferromagnétique, correspond à un certain degré dans l'écartement des aimants élémentaires, mais non à la disparition totale de ces aimants. On ne s'expliquerait pas, en effet, si l'on admettait cette dernière manière de voir, comment la température du point de Curie s'élève avec la valeur du champ.

Nos courbes, au contraire, donnent une explication très simple de cette action.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence d'un glucoside dédoublable par l'émulsine dans deux espèces du genre* Melampyrum. Note de M. **Marc Bridel** et Mlle **Marie Braecke**, présentée par M. L. Guignard.

Les Mélampyres sont des plantes de la famille des Scrofulariacées, qui possèdent la propriété de noircir pendant la dessiccation.

Par analogie avec ce qui se passe dans un certain nombre d'autres plantes, nous avons pensé que ce noircissement, au cours de la dessiccation, pouvait être dû à la décomposition d'un principe de nature glucosidique.

Pour vérifier cette supposition, nous avons appliqué à deux espèces du genre *Melampyrum : M. arvense* L. et *M. pratense* L., la méthode biochimique de recherche des glucosides de Bourquelot.

(¹) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1655.

Nous donnons ci-dessous le résultat de ces deux essais biochimiques qui ont été faits sur des extraits liquides, aqueux, dont 100$^{cm^3}$ correspondaient à 100^g de plantes fraîches :

Melampyrum arvense L. — L'essai a porté sur la plante entière, fleurie, cueillie aux environs de Mantes le 9 juin 1921 et traitée par l'alcool bouillant 24 heures après.

On a obtenu les résultats suivants :

Rotation initiale ($l = 2$)	$-5°28'$
Sucre réducteur initial pour 100$^{cm^3}$	0^g,154

Remarquons d'abord la forte rotation gauche qui est en faveur de la présence d'un glucoside lévogyre.

La quantité de sucre réducteur initial est faible

On a fait agir l'invertine. L'examen du liquide a donné, après l'action du ferment :

Rotation après l'action de l'invertine	$-5°34'$
Sucre réducteur pour 100$^{cm^3}$	0^g,226

Soit un changement de déviation vers la gauche de 6' et formation de 0^g,072 de sucre réducteur pour 100$^{cm^3}$. Remarquons que l'action de l'invertine est excessivement faible et que les plantes phanérogames renferment généralement une plus forte quantité de sucres hydrolysables par l'invertine, sucre de canne libre ou combiné.

On a fait agir ensuite l'émulsine. Sous l'action du ferment, le liquide a pris rapidement une teinte noire très foncée, puis il s'est fait un abondant précipité noir. Malgré la défécation à l'extrait de Saturne, l'examen polarimétrique était impossible et il a fallu décolorer, au noir animal, la liqueur déféquée pour parvenir à l'examiner.

Après une action de 29 jours, on a obtenu les résultats suivants :

Rotation après action de l'émulsine	$+1°12'$
Sucre réducteur pour 100$^{cm^3}$	1^g,390

Il y a donc eu un changement de déviation vers la droite de 6°46' avec formation de 1^g,164 de sucre réducteur, soit un indice de réduction de 172.

Melampyrum pratense L. — L'essai a été effectué sur la plante entière, cueillie le 14 juin dans la forêt de Fontainebleau et traitée le lendemain par l'alcool bouillant.

Les résultats ont été les suivants :

Rotation initiale ($l = 2$)	$-4°57'$
Sucre réducteur initial pour 100$^{cm^3}$	0^g,168
Rotation après action de l'invertine	$-5°2'$
Sucre réducteur après action de l'invertine	0^g,226
Rotation après action de l'émulsine	$+58'$
Sucre réducteur après action de l'émulsine	1^g,190

L'invertine n'a produit qu'un changement de déviation vers la gauche de 5', avec formation de 0g,058 de sucre réducteur. Ces résultats sont tout à fait comparables à ceux qu'on a obtenus dans l'essai précédent.

Sous l'action de l'émulsine, exactement comme dans l'essai du *M. arvense* L., on a vu le liquide prendre très rapidement une coloration noire intense, puis il s'est fait un abondant précipité noir.

Pour l'examen au polarimètre il a fallu également décolorer au noir animal le liquide déféqué à l'extrait de Saturne.

Il s'est fait, sous l'action du ferment, un changement de déviation vers la droite de 6°, avec formation de 0g,972 de sucre réducteur, ce qui représente un indice de 162, à rapprocher de celui qu'on a obtenu dans l'essai précédent, 172.

En résumé, la méthode biochimique de recherche des glucosides de Bourquelot, appliquée au *Melampyrum arvense* L. et au *Melampyrum pratense* L., nous a permis de reconnaître, dans ces deux plantes, la présence, en forte quantité, d'un glucoside hydrolysable par l'émulsine. Au cours du dédoublement de ce glucoside, il se fait un produit noir insoluble et il est permis de supposer, d'après cela, que le noircissement de ces plantes pendant leur dessiccation provient du dédoublement du glucoside qu'elles renferment.

Quel peut être ce glucoside?

En s'appuyant sur la propriété qu'il possède de donner, par hydrolyse, un produit noir insoluble et sur les indices de réduction obtenus dans les essais, 172 et 162, on peut penser à la présence de l'aucubine, glucoside retiré par Bourquelot et Hérissey des graines d'*Aucuba japonica* L. (1), et retrouvé par L. Bourdier dans différentes espèces du genre *Plantago* (2).

L'aucubine possède un indice de réduction théorique de 144 et donne, sous l'action de l'émulsine, un produit noir insoluble.

Mais, seule, l'extraction à l'état pur du glucoside des Mélampyres permettra de confirmer cette hypothèse.

---

(1) *Sur un glucoside nouveau, l'aucubine, retiré des graines d'*Aucuba japonica *L.* (*Comptes rendus*, t. 134, 1902, p. 1441).

(2) *Sur la présence de l'aucubine dans les différentes espèces du genre* Plantago (*Journ. Pharm. Chim.*, 6e série, t. 26, 1907, p. 254).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Du principe antiscorbutique dans le jus de pomme de terre extrait en présence d'acides.* Note de M. **Bezssonoff**, présentée par M. Roux.

Ainsi que j'ai pu le constater [1], alors que la pomme de terre crue non broyée exerce une forte action antiscorbutique, son jus extrait à la presse ne possède plus qu'une action faible.

L'addition à ce jus du marc résultant de la pression n'augmente que très peu sa valeur curative.

En somme, il suffit de broyer la pomme de terre pour que momentanément disparaisse la plus grande partie de sa richesse en principe antiscorbutique.

Ce fait et plusieurs données de la littérature me permettaient de penser que l'instabilité du principe antiscorbutique est due, en grande partie, à l'action enzymatique et particulièrement à l'action d'une oxydase (la laccase d'après M. Gabriel Bertrand).

Pour vérifier cette supposition, il semblait nécessaire de procéder à l'extraction du jus dans des conditions telles que l'action de l'oxydase soit entravée au moment même de cette extraction.

Ainsi que l'a démontré G. Bertrand (1907), différents acides, parmi lesquels les acides citrique et tartrique, employés à de très faibles concentrations, paralysent complètement l'action de la laccase.

Aussi pour éliminer l'action de l'oxydase de la pomme de terre pendant l'extraction du jus à la presse hydraulique, il fut décidé d'opérer en présence d'acide citrique ou d'acide tartrique. A cet effet, avant la pression, 200^g de pomme de terre furent saupoudrés de 5^g du mélange suivant : 1 partie d'acide citrique ou tartrique pour 4 parties de saccharose. Il a été reconnu que l'acide citrique et le saccharose n'exercent aucune action antiscorbutique.

Le jus extrait en présence d'acide citrique accuse par titrage une concentration en poids de cet acide cristallisé variant entre 0,59 et 0,77 pour 100. Les concentrations indiquées étaient plus que suffisantes pour empêcher l'action de la laccase. Dans le jus extrait en présence d'acide, aucun noircissement n'apparaît, même plusieurs heures après son extraction; par contre,

---

(1) Bezssonoff, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 92, et *Bull. Soc. Hyg. Alim.*, t. 8, n° 10, 1920.

le jus extrait sans addition d'acide est toujours teinté de gris au moment de sa sortie, et prend une couleur encre une demi-heure environ après l'extraction.

Les concentrations du jus extrait en présence d'acide tartrique varièrent entre 0,6 et 0,83 pour 100 en poids de cet acide cristallisé. Ce jus ne montrait également aucun brunissement. L'effet antiscorbutique des jus extraits en présence d'acide et sans acide fut étudié sur cobayes nourris au régime avoine-eau.

Les expériences eurent pour objet :

1° Tout d'abord de comparer l'action antiscorbutique du jus de pomme de terre ayant hiverné extrait à la presse hydraulique : (*a*) sans acide (jus simple); (*b*) en présence d'acide citrique.

Les résultats indiquent nettement la supériorité du jus extrait en présence d'acide citrique :

Quatre cobayes soumis au régime avoine-eau reçurent 15^{cm^3} de jus simple par animal-jour. Le jus fut dosé aux animaux immédiatement après son extraction.

Les quatre cobayes succombèrent au 24e, 32e, 34e, 36e jour de ce régime.

Trois cobayes, soumis également au régime avoine-eau, recevaient 15^{cm^3} de jus extrait en présence d'acide citrique.

L'un des cobayes refusa d'absorber le jus au bout du 30e jour et mourut le 45e. Symptômes de scorbut à l'autopsie : hémorragies; les molaires s'enlèvent facilement.

Un autre cobaye fut tué le 64e jour, aucune trace de scorbut.

Le troisième cobaye succomba le 75e jour. Symptômes de scorbut.

La fragilité osseuse (manque du facteur A) fut observée à l'autopsie des trois cobayes.

En second lieu, on compara l'action antiscorbutique du jus de pomme de terre nouvelle extrait : (*a*) sans acide; (*b*) en présence d'acide tartrique.

La dose quotidienne du jus donné aux cobayes était deux fois moindre que celle de l'expérience précédente.

Les résultats furent les suivants :

1° L'effet du jus extrait en présence d'acide tartrique est nettement supérieur à celui du jus simple.

2° Le jus simple extrait de pommes nouvelles a une plus forte action antiscorbutique que le jus extrait de pommes hivernées.

Quatre cobayes reçurent une dose de $7^{cm^3},5$ de jus simple par animal-jour. Ils succombèrent le 36e, 38e, 39e, 43e jour.

Trois cobayes reçurent $7^{cm^3},5$ de jus extrait en présence d'acide tartrique.

Deux cobayes moururent au 54ᵉ jour, l'un avec des lésions scorbutiques bien caractérisées et de la fragilité osseuse, l'autre sans aucune trace de scorbut.

Le troisième cobaye succomba au 60ᵉ jour, sans trace de scorbut, mais fragilité osseuse; la fragilité osseuse, souvent observée à l'autopsie, semble indiquer la pauvreté du jus de pomme de terre en facteur A (facteur de croissance soluble dans les graisses), l'avoine étant, comme on le sait, presque entièrement dépourvue de ce facteur.

La longévité des cinq cobayes témoins mis au régime avoine-eau fut : 17, 25, 26 (deux cobayes) et 27 jours.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la prévision du temps à long terme.* Note de M. Jean Mascart, transmise par M. J. Violle.

La prévision du temps est un exercice très captivant; et, pendant ces dernières années, on a vu éclore de nombreuses vocations météorologiques. Mais trop souvent le problème est mal défini, et le contrôle des prévisions échappe : d'ailleurs le temps peut être beau pour l'agriculteur, bien que désagréable ou mauvais pour le citadin.

Tout d'abord, pour être contrôlable, la prévision doit être assez précise. Si l'on prédit « doux, nuageux, pluies, ondées », une telle prévision se manifestera certainement quelque part en France.

On répète constamment qu'en tirant au hasard s'il fera beau ou mauvais, la proportion des réussites est de 50 pour 100, ce qui n'a jamais été établi; et l'on ignore, en somme, quel est le pourcentage qui doit être considéré comme bon. Cependant un auteur [1] qui dit avoir des règles assez sévères avec une échelle de quatre valeurs, dont le détail n'est malheureusement pas publié, donne pour contrôle de ses prévisions 60 bonnes, 30 passables et 10 mauvaises, ce qui serait un très beau résultat; ces nombres deviennent 40, 40 et 20 s'il prédit pour le lendemain le temps de la veille. C'est là une des trop rares indications sérieuses dans la matière, et l'on peut en conclure que les prévisions commencent à être satisfaisantes à partir d'un pourcentage de réussites de 60 pour 100.

Alors que le Bureau américain indique chaque samedi le temps probable

[1] Rouch, *Revue scientifique*, 1918, p. 391.

de la semaine suivante, nous avons essayé, pendant plusieurs années, de prévoir les périodes importantes pour tout le mois suivant, afin de faciliter aux agriculteurs l'ordonnance de leurs travaux.

La prévision du temps à long terme rendrait à tous, assurément, les plus grands services; mais le problème dont on recherche la solution est fort malaisé : nous admettons bien volontiers que divers faiseurs d'horoscopes n'ont été guidés que par les soucis du bien public, mais nous avons montré que leurs prévisions ne sont pas assez précises pour être soumises à un contrôle numérique ([1]). D'ailleurs, jusqu'alors, l'état de la science météorologique n'encourageait guère de tels pronostics; et l'auteur le plus autorisé ([2]) jugeait fort sévèrement la question :

« Tous les essais de prévision du temps à longue échéance reposent, explicitement ou implicitement, sur la croyance à une périodicité dans les phénomènes météorologiques (p. 387). Les annonces faites plusieurs semaines à l'avance ne reposent sur aucune base scientifique. Les auteurs de ces prophéties sont les premières dupes de leur propre crédulité, quand ils ne cherchent pas simplement à exploiter la crédulité du public (p. 404). »

Un tel jugement pouvait décourager des essais sincères. Sans croire à une périodicité absolue, on peut imaginer cependant une certaine analogie, une sorte de continuité dans le développement des phénomènes météorologiques. En appliquant l'analyse harmonique aux courbes du baromètre, Vercelli ([3]) est parvenu à de curieuses extrapolations.

Recherchant dans le passé une ou plusieurs années où le temps fut analogue au temps actuel (pendant au moins deux mois), nous avons admis que le mois prochain serait analogue, lui aussi, à celui des dites années antérieures, quand elles sont concordantes (car parfois une pareille assimilation devient impossible).

Sur de telles comparaisons, dans le détail desquelles il est impossible de revenir ici, nous prédisons, le 20 de chaque mois, les caractéristiques principales du mois suivant : ce n'est que pour nous soumettre à un contrôle précis que nous poussons plus loin (trop loin), en donnant jour par jour le temps du mois suivant, entre 10 et 41 jours à l'avance.

Le résultat global est le suivant, pour un ensemble de trois années : nos prédictions du jour au lendemain se réalisent 78,3 fois pour 100; nos prévisions à long terme sont exactes 65,7 fois pour 100.

([1]) *Bulletin de l'Observatoire de Lyon*, t. 1, n° 2, septembre 1913.

([2]) A. Angot, *Traité élémentaire de Météorologie*, 3e édition.

([3]) F. Vercelli, *Publication de l'Observatoire de Brera* (Milan, 1916).

S'agit-il d'un pur hasard?

C'est peu probable, car les réussites sont très variables d'un mois à l'autre : 76 pour 100 en septembre, et 59,7 pour 100 seulement en mars. Du 16ᵉ au 22ᵉ jour, 71,6 pour 100 de réussites; 64,0 pour 100 seulement du 30ᵉ au 36ᵉ. Ainsi donc certaines périodes, certaines époques de l'année, paraissent critiques pour l'application de telles analogies : il y aurait, en quelque sorte, des époques d'instabilité, des coupures dans cette continuité supposée pour les phénomènes atmosphériques.

Les chiffres que nous venons d'indiquer nous paraissent cependant encourageants pour continuer ces prévisions d'une manière systématique [1], aucun contrôle de ce genre n'ayant jamais été poursuivi : l'avenir jugera ce qu'il peut y avoir d'utile à retenir d'une telle méthode.

BOTANIQUE. — *Du rôle du chondriome dans la défense des organismes végétaux contre l'invasion du parasitisme.* Note de M. **Jean Politis**, présentée par M. Gaston Bonnier.

On constate très fréquemment que la présence d'un parasite à l'intérieur des tissus donne lieu à une irritation qui se traduit par une réaction de la partie lésée; cette réaction est des plus variables. Il est des cas où l'hôte se laisse envahir sans réagir d'une façon sensible à nos yeux. Dans d'autres cas, au contraire, la présence d'un parasite se traduit par des phénomènes d'ordre réactionnel qui souvent aboutissent à la formation de véritables galles.

Voyons quel est le rôle du chondriome dans ces phénomènes d'ordre réactionnel.

Examinons en premier lieu le cas de parasitisme de l'*Oidium Evonymi-Japonici* (Arc) Sacc. Les feuilles d'*Evonymus* peuvent être envahies, avec une très grande intensité, indistinctement sur les deux faces, à tout âge et à toute époque. Lorsqu'elles sont attaquées par l'*Oidium* au printemps, on distingue sur les deux faces de grandes taches rouges causées par l'action du mycélium qui perfore ici la cuticule, y envoie des prolongements, en général, arrondis, de véritables « suçoirs », qui pénètrent à l'intérieur des cellules épidermiques et absorbent les substances que celles-ci ont élaborées.

---

(1) C'est ce qu'a pensé la Section météorologique du Comité français de Géodésie et de Géophysique qui nous a grandement honoré en nous engageant vivement à continuer ces travaux.

Dans ce cas, l'excitation provoquée par le mycélium est capable de se propager à distance parce que la teinte rouge, due à la présence d'un pigment anthocyanique dissous dans le suc vacuolaire, se remarque dans des cellules entièrement indemnes de suçoirs mycéliens. On est naturellement porté à admettre, pour expliquer cette action à distance, la diffusion de principes stimulants exosmosés par le parasite.

Ailleurs, la réaction que nous voyons se produire nous paraît être le résultat plus ou moins direct de l'irritation des mitochondries. En effet, dans le cytoplasme des cellules où l'affection débute, on constate l'existence de mitochondries. La majorité de ces éléments participe à l'élaboration de l'anthocyane. C'est à cette même activité des mitochondries que l'on doit attribuer la formation des pigments anthocyaniques et des composés tanniques incolores qui se rencontrent dans les régions malades de plusieurs plantes. Considérons maintenant l'action de certains parasites qui produisent un facies qui a toute l'apparence de la brunissure; tel peut être le cas de la maladie de l'oïdium pour la Vigne et autres parasites très variés sur des plantes fort diverses, dont la lésion cellulaire est exactement celle de la brunissure. Dans ces cas, on peut constater que les taches brunes sont toujours dues à l'activité des mitochondries qui élaborent un composé tannique brun.

Il est aussi à remarquer que la chlorophylle peut persister plus longtemps dans les régions malades que dans les régions saines d'organes où elle disparaît normalement à un moment donné. Les feuilles, par exemple, normalement jaunes à la chute, du pommier, de l'arbousier, présentent souvent des plages bien vertes, correspondant aux régions attaquées par le *Fusicladium dendriticum* ou par le *Septoria Unedonis* (Ducomet). Le tissu chlorophyllien persiste aussi sous les Cochenilles qui s'attaquent aux Oranges; c'est ainsi que l'on remarque de petites taches vertes sur les Oranges attaquées par le *Chrysomphalus minor*. C'est encore à une excitation parasitaire qu'on doit attribuer le phénomène de la persistance prolongée sur les arbres des feuilles attaquées par le parasite; en effet, sous l'influence des Cochenilles, certains arbres, à feuilles caduques, conservent leurs feuilles pendant l'hiver; ce fait est très évident chez le Lilas attaqué par l'*Aspidiotus Hederæ* (Trabut).

Dans tous ces cas, on peut constater que le parasitisme a sur les chloroplastes (qui, d'après les acquisitions récentes de la Science, ne sont que des mitochondries hautement différenciées) une action excitatrice. En effet, si nous examinons la coupe transversale d'une feuille qui présente les plages

vertes ci-dessus mentionnées, nous voyons que les cellules correspondant aux plages vertes renferment des chloroplastes qui grossissent, se multiplient par division et peuvent produire la chlorophylle et l'amidon avec une remarquable activité au moment où, dans les régions saines, beaucoup de cellules montrent des chloroplastes en voie de dégénérescence, tandis que les autres en sont complètement dépourvues. Il est encore à remarquer que la réaction est des plus variables suivant la nature du parasite, la nature et l'âge de la plante. Ainsi, nous avons observé que les fruits jaunes du citronnier présentent souvent des taches vertes, correspondant aux régions attaquées par l'*Aspidiotus Hederæ*; en outre, sous l'action du même parasite, des taches violet bleuâtre se produisent sur les feuilles du *Ligustrum vulgare* L. Les mêmes taches se forment sur les fruits encore verts de l'Olivier sous l'action parasitaire de la *Parlatoria calianthina* Berl. et Leon.

J'ajouterai pour terminer que, quand l'action de parasitisme aboutit à la formation de véritables galles, l'irritabilité des mitochondries est très aiguë. Nous en avons observé un bon exemple dans certaines galles bleuâtres des feuilles du *Lycium europœum* L.

Dans le tissu épidermique de la galle, on voit dans le cytoplasme des cellules les plus jeunes un corpuscule brillant, d'aspect oléagineux, qui représente le cyanoplaste, décrit par nous dans les cellules épidermiques de différentes fleurs, et qui résulte d'une mitochondrie (Guilliermond). Ce corpuscule, d'abord incolore et très petit, grossit peu à peu jusqu'à égaler ou surpasser le volume du noyau, puis s'imprègne de matière colorante violet bleuâtre. Dans ce cas, on voit donc avec la plus grande évidence que le parasitisme provoque une excitation qui engendre le grossissement d'une mitochondrie élaborant un pigment anthocyanique.

C'est à une excitation de même genre que l'on doit attribuer la formation de tanins dans les galles en très grande quantité.

Les résultats de nos recherches peuvent donc se résumer de la manière suivante :

L'excitation parasitaire chez les végétaux peut provoquer un état de réaction dans les mitochondries, qui ont alors la propriété de servir activement de centre d'élaboration à la plupart des produits de sécrétion de la cellule; certains de ces produits, comme par exemple les tanins, se forment même en très grande quantité, et peuvent probablement avoir une action de défense des organismes végétaux contre l'invasion du parasitisme. La réaction dans les mitochondries varie chez les différentes plantes et chez la même plante, suivant le degré de développement et la nature du parasite.

BOTANIQUE. — *Sur l'orientation des tiges.* Note [1] de M. **H. Ricome**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Nous avons déjà essayé d'établir que l'intensité relative des forces de tension des tissus variait avec la quantité d'eau et que l'orientation des rameaux d'une plante donnée dépendait surtout de la teneur en eau de la zone d'élongation, du régime d'hydratation de cette région. Voici quelques faits qui montrent la tige s'orientant diversement suivant sa teneur en eau.

Des Fèves, cultivées à la lumière diffuse extérieure, ont été soumises à une expérimentation destinée à réaliser : 1° des différences de teneur en eau entre des plantes élevées côte à côte; 2° des variations de cette teneur dans une même tige. Ce résultat est obtenu par des arrosages plus ou moins parcimonieux à l'eau ordinaire ou à l'eau salée, par des déplacements des plantes transportées de l'extérieur à l'intérieur du laboratoire ou à l'obscurité, *et vice versa*. Dans tous les cas, l'orientation s'éloigne d'autant plus de la verticale que la quantité d'eau est moindre.

Lorsque la quantité d'eau va diminuant avec une extrême lenteur, la tige prend une direction de plus en plus inclinée. Il suffit alors d'un arrosage abondant pour obtenir un redressement tel que la tige dépasse la verticale en dessinant une courbe arquée, parce que la pesanteur a au préalable déterminé un accroissement inégal des cellules. D'ailleurs tout finit par se régulariser dans la zone encore en élongation qui, quelque temps après, est devenue rectiligne et verticale.

Lorsque la quantité d'eau tombe au-dessous d'un certain taux, quelques feuilles manifestent les signes d'un commencement de flétrissure. Là où les conditions sont telles que ces signes apparaissent aux feuilles supérieures, ce qui indique une faible hydratation de la portion terminale de la tige, c'est le sommet qui prend une direction inclinée jusqu'à l'horizontale, alors que la portion basilaire de la région de croissance demeure verticale. Là où la flétrissure atteint les feuilles inférieures, c'est la base de la tige qui fléchit. Le sommet réagit contre cet abaissement passif tant qu'il reçoit suffisamment d'eau et il se redresse verticalement (notamment à l'obscurité où la transpiration est moindre). Quelque temps après, s'appauvrissant en eau à son tour, le sommet se dirige obliquement pour

(1) Séance du 16 août 1921.

son propre compte, sans qu'il y ait de relation nécessaire entre l'orientation du sommet et celle de la base.

Ces résultats expérimentaux sont confirmés par les observations suivantes. La longue grappe simple du *Phytolacca decandra*, sans feuilles ni bractées, se dirige horizontalement quelle que soit son orientation au moment où elle apparaît sur la plante. L'extrémité sur une longueur de quelques millimètres plus hydratée est un peu redressée obliquement. Plus tard, la grappe en fruits est devenue pendante. Cette année, à cause de la sécheresse persistante, les grappes ne se développent en direction normale que sur certains rameaux privilégiés; la plupart se dirigent verticalement vers le bas. La plante manque d'eau au point que les grandes feuilles ne sont jamais turgescentes et demeurent flasques. Seules, les jeunes feuilles voisines de la grappe ont suffisamment d'eau pour se tenir étalées. On ne peut contester ici que la nouvelle orientation des grappes ne soit due à la faible teneur en eau. La pénurie n'est pas poussée jusqu'à la flétrissure; elles ne se déforment pas de façon visible lorsqu'on change leur orientation. D'ailleurs, elles continuent à croître et à produire des fruits comme en temps normal. Si l'année dernière, nous n'avions observé avec soin la façon dont elles se comportent, nous n'aurions rien remarqué d'anormal cette année.

Les pousses rampantes de *Cucurbita maxima* ont leur extrémité dirigée verticalement vers le bas, et ce sur une longueur de 5^{cm} à 8^{cm} qui comprend plusieurs entrenœuds nettement visibles. Il y a là un coude, souvent brusque, un angle parfois moindre que 90°. Est-ce un effet de la sécheresse exceptionnelle, est-ce le mode de croissance habituel? Nous l'ignorons, n'ayant pas eu encore l'attention attirée sur ce point. Il s'agit en tout cas d'un phénomène de décurvation avec relèvement, se produisant dans la région d'élongation, assez loin du sommet. Nous n'en avions jusqu'ici signalé qu'un cas, celui des rameaux et de la flèche des Cèdres. La turgescence du sommet est faible et les forces de tension y sont à peu près nulles. Or certains rameaux, notamment les rameaux latéraux courts, pourvus seulement de feuilles peu développées, quoique déjà largement étalées, moins privés d'eau par la transpiration, ont leur extrémité horizontale, dans le prolongement de la tige; la turgescence y est plus grande et les forces de tension peuvent y être constatées. Ici encore la différence d'orientation est à coup sûr liée à la quantité d'eau. La tige dirigée vers le bas ne devient horizontale que là où la quantité d'eau est suffisante pour que les forces de

tension s'égalisent en direction horizontale. D'ailleurs, dans beaucoup de ces rameaux à extrémité infléchie, elles s'équilibrent en fait en direction légèrement oblique vers le haut, ce qui est nettement visible sur une longueur de plus de 50^{cm}.

On ne saurait invoquer dans les cas précédents une prétendue irritabilité du protoplasme par des statolithes ou autres dispositifs. La sensibilité des végétaux est une conséquence des propriétés de tous les constituants de l'organe considéré, et ces propriétés sont sous la dépendance des conditions externes et internes. Cette sensibilité n'est nullement une propriété du seul protoplasme, auquel on attribue bien à tort un sens de l'espace et une faculté d'orientation.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les anthocyanidines, à l'état libre, dans les fleurs et les feuilles rouges de quelques plantes.* Note [1] de M. **St. Jonesco**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Nous avons signalé dans une Note précédente [2] que les anthocyanidines se trouvent dans d'autres organes que les fruits. La présente Note a pour but de démontrer l'existence de ces corps dans les fleurs de *Pelargonium*, de *Papaver Rhœas* et dans les feuilles rouges ou vert-olive de *Prunus Pissardi*. On a déjà cherché les anthocyanidines dans l'extrait acide obtenu avec différents organes colorés, fleurs et feuilles rouges, mais on ne les a jamais trouvées parce que, dans ce cas, ces substances ne passent pas avec l'anthocyanine dans la liqueur employée, qui est habituellement de l'eau acidifiée. C'est dans le résidu des organes, qui reste sur le filtre, après la séparation de l'extrait, qu'il faut les chercher. On traite ce résidu (formé de débris des organes broyés, de sable et de talc) par l'alcool amylique, et c'est cet alcool qui dissout les anthocyanidines.

1. *Préparation des anthocyanidines des fleurs de* Papaver *et de* Pelargonium. — J'obtiens, par le procédé indiqué dans ma Note précédente, un extrait acide de pétales de ces fleurs.

a. De l'alcool amylique, agité avec cet extrait, on retire un pigment jaune pour les fleurs de *Pelargonium*, et l'alcool reste incolore avec celles de *Papaver*.

---

(1) Séance du 16 août 1921.

(2) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 168.

b. Le résidu resté sur le filtre est soumis aux opérations suivantes :

Il a été lavé d'abord avec de la benzine ou de l'éther de pétrole, puis avec l'éther sulfurique pour enlever les substances grasses et surtout les corps apparentés à la chlorophylle que pourraient renfermer les pétales. Il a été ensuite traité par un peu d'alcool éthylique à 95° et par l'alcool amylique, de façon que tout le résidu soit complètement couvert par le liquide. On a bien agité la substance et la liqueur, et on l'a laissée en repos pendant 12 heures; puis, le tout a été filtré à la trompe. L'alcool amylique coloré, obtenu par cette filtration, a été agité dans une ampoule à robinet avec de l'eau sulfurique à 7 pour 100, pour le débarrasser de toute trace d'anthocyanine. Après trois lavages successifs, l'eau sulfurique restait parfaitement incolore, tandis que *l'alcool amylique conservait une couleur d'un rose foncé pour les fleurs de* Papaver, *et d'un rose moins intense pour les fleurs de* Pelargonium.

2. *Préparation des anthocyanidines des feuilles rouges et des feuilles vert-olive de* Prunus Pissardi. — Au mois de juillet, quand j'ai entrepris mes recherches, le *Prunus Pissardi* avait deux sortes de feuilles : les unes, plus jeunes, d'une couleur *rouge-sang*, et les autres, plus âgées, d'un *brun-olive* à la face supérieure, et d'un *vert tacheté de rouge* à la face inférieure. La couleur olive montre l'apparition de la chlorophylle et la disparition de l'anthocyane. J'ai procédé de la même façon que pour les fleurs de *Papaver* et de *Pelargonium* en obtenant un *extrait* et un *résidu*.

a. En agitant l'extrait acide de feuilles rouges avec de l'alcool amylique, celui-ci acquiert une couleur *jaune teintée de rose;* tandis que l'extrait des feuilles vert-olive donne, avec l'alcool amylique une couleur *jaune pure peu intense*.

b. Le résidu des feuilles a été lavé avec beaucoup de soin pour enlever tous les pigments chlorophylliens, et ensuite il a été traité par l'alcool amylique. L'alcool amylique provenant du traitement du résidu des feuilles rouges était très fortement coloré en rouge. Après trois lavages avec de l'eau sulfurique, il conserve une couleur *rouge foncé*, tandis que le résidu des feuilles vert-olive donne à l'alcool amylique une coloration *jaune orange très intense*.

On distingue donc deux catégories de pigments : 1° *les pigments provenant de l'extrait acide, qui ont en général une couleur jaunâtre;* 2° *les pigments provenant du résidu, et dont la couleur est rouge, rose, rose clair ou jaune orange*. Ces derniers pigments se maintiennent dans la liqueur après plusieurs lavages avec de l'eau sulfurique, et même lorsqu'ils sont lavés par une

solution d'acétate de sodium. Ainsi préparés, ils se conservent plus d'une semaine au contact de l'air et à la lumière. Cette propriété de se conserver de cette façon dans l'alcool amylique est identique à celle des anthocyanidines obtenus par l'hydrolyse de l'extrait acide. En outre, traités par une solution de soude diluée, ou de CO^3Ca, ou d'acétate de Na, ou encore de $FeCl^3$, ils donnent les mêmes réactions que les anthocyanidines préparées par l'hydrolyse. Donc *ces pigments colorés des fleurs de* Pelargonium *et de* Papaver, *des feuilles de* Prunus, *sont bien constitués par des anthocyanidines qui se trouvent à l'état libre dans ces organes, comme dans certains fruits où leur existence à l'état libre a été démontrée antérieurement. Ces substances coexistent avec les anthocyanines et les autres pigments qui constituent l'ensemble du pigment rouge.*

La présence des anthocyanidines dans les organes colorés des plantes nous montre la relation étroite qui existe entre ces substances et l'anthocyane, et surtout nous explique sa transformation à mesure qu'elle disparaît progressivement des organes où elle existait.

Les divers pigments jaunes ou jaunâtres dont il est parlé plus haut sont ce qu'on appelle des *pseudo-bases*, c'est-à-dire des produits d'isomérisation des anthocyanidines. M. Kurt. Noack (1) a trouvé à l'état libre, dans les feuilles rouges de *Polygonum compactum* Hook., non pas une véritable anthocyanidine, mais une de ces *pseudo-bases*. Cette pseudo-base, d'une couleur jaune, a été chauffée par lui, au bain-marie, avec de l'acide sulfurique dilué à 5 pour 100 et un peu d'acide chlorhydrique dilué à 17 pour 100, et s'est transformée en un pigment rouge intense qui présente tous les caractères des anthocyanidines. En tenant compte du fait que cette pseudo-base se trouve dans les feuilles rouges à un stade où elles commencent à pâlir, l'auteur conclut que cette substance est un produit d'oxydation d'une anthocyanidine. Or, les divers pigments jaunâtres que j'ai extrait de feuilles ou de fleurs sont bien des pseudo-bases, car ils jouissent des mêmes propriétés que la pseudo-base trouvée dans le *Polygonum* par M. Kurt. Noack. En effet, tous ces pigments, chauffés avec de l'acide chlorhydrique à 20 pour 100, prennent une belle coloration rouge, parfois rose, et présentent toutes les propriétés des anthocyanidines.

---

(1) Kurt. Noack, *Untersuchungen über den Anthocyanstoffwechsel auf Grund der chemischen Eigenschaften der Anthocyangruppe* (*Zeitschrift für Botanik*., Heft **10**, 1918).

En résumé, *dans divers organes rouges des plantes, il existe des anthocyanides*, à l'état libre, *comme pigment coloré. Il est possible que ces substances se forment en même temps que l'ensemble des pigments, mais il est plus vraisemblable qu'elles proviennent de l'hydrolyse subie par l'anthocyane pendant sa disparition. En tout cas, la coexistence d'anthocyanines, d'anthocyanidines et de pseudo-bases dans un même organe montre que ces substances ont entre elles des relations étroites liées à la disparition du pigment rouge chez les végétaux.*

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la saponarine chez le* Mnium cuspidatum. Note (1) de M. **Antoine Kozlowski**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Chez quelques plantes supérieures, on trouve une substance dissoute dans le suc cellulaire, qui donne avec l'iode des réactions microchimiques semblables à celles de l'amidon; cette substance a été nommée *amidon soluble*. D'après les recherches de M. Dufour (2), de M. Barger (3) et de M. Molisch (4), cette combinaison n'est pas de l'amidon, mais plutôt un corps voisin de la saponarine du *Saponaria officinalis* et qui donne aussi avec l'iode des réactions de l'amidon; c'est pourquoi M. Barger (1902), au lieu du terme ancien *amidon soluble*, a proposé le terme de *saponarine*.

Chez les plantes inférieures, cette substance se trouve plus rarement. Parmi les 37 espèces d'Hépatiques étudiées par M. Molisch (1911), une seule : *Madotheca platyphylla*, contient de la saponarine.

J'ai trouvé la saponarine chez la Mousse *Mnium cuspidatum*. Cette plante contient, dans le suc cellulaire de la tige et des feuilles, la substance incolore qui s'y trouve en dissolution; on peut facilement constater sa présence au moyen de la solution d'iode.

Réactions microchimiques. — *La solution de* 1g *pour* 100 *d'iode dans l'iodure de potassium* à 1 pour 100 donne dans le suc cellulaire un précipité en forme de granules (*fig.* 1) ou de très petits cristaux en aiguille, constituant une sorte de réseau (*fig.* 2).

Dans les feuilles jeunes, ce précipité est plus longtemps d'une couleur

(1) Séance du 16 août 1921.

(2) *Bull. d. Soc. vaud. d. Sc. nat.*, t. 21, 1888, n° 93.

(3) *Ber. d. d. chem. Ges.*, Bd 35, 1902, p. 1296.

(4) *Ber. d. d. bot. Ges.*, Bd 29, 1911.

bleue, ensuite rose; dans les feuilles plus âgées, il est, au contraire, plutôt d'un rose-violet.

Après un chauffage modéré de la préparation, la couleur disparaît, mais elle revient quand la liqueur est tiède.

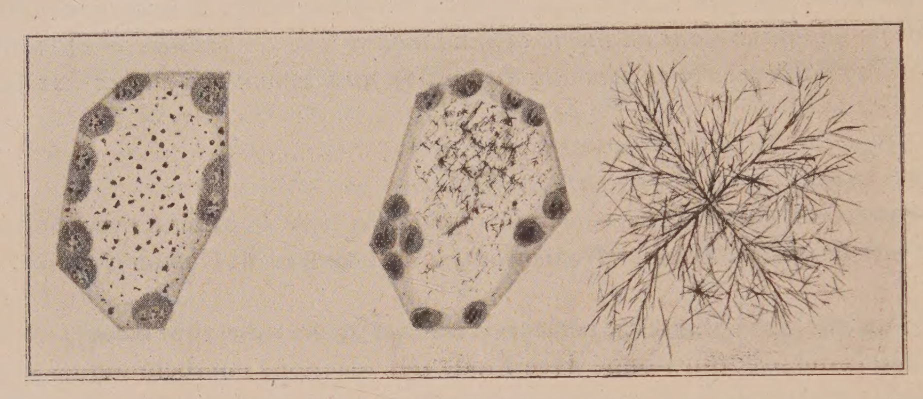


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Après un chauffage plus fort, la couleur disparaît complètement. Dans les cellules mécaniquement blessées et dans celles qui meurent (dans les feuilles plus âgées), cette réaction ne se produit pas.

Un nombre un peu plus grand de feuilles placées sous la lamelle dans la solution de I + IK donne après l'évaporation de cette dernière de beaux cristaux d'un rose-violet qui s'agrègent au bord de la lamelle en étoile et en réseau (*fig*. 3).

On peut obtenir le même précipité hors de la cellule, cristallisé aussi, au moyen de l'*iodine* (solution d'iode dans l'alcool).

L'*alcool éthylique* et l'*ammoniaque* extraient la saponarine des feuilles et, après évaporation, la laissent au bord de la lamelle sous forme de précipité granuleux, incolore qui, au moyen de la solution I + IK, se colore en rose-violet.

Solubilité de l'iodure de saponarine. — Les granules et cristaux bleus ou rose-violet de l'iodure de saponarine se dissolvent facilement dans l'*eau distillée froide* qui prend une couleur bleue.

Les *acides étendus* HCl, H^2SO^4, HNO^3 (1 : 1) augmentent la couleur rose-violet des cristaux et les dissolvent lentement.

Les *acides concentrés* HCl *et* HNO^3 causent instantanément le passage de la couleur rose à la couleur bleue et la dissolution des cristaux.

Dans l'*acide acétique* les cristaux se dissolvent facilement.

Après l'*évaporation de* HCl *ou* CH^3CO^2H, l'iodure de saponarine qui a été dissous par ces acides *cristallise de nouveau* au bord de la lamelle sous la forme des mêmes cristaux caractéristiques que précédemment.

Les *alcalis* (NaOH, KOH, NH^3) dissolvent les cristaux d'iodure de saponarine et changent leur couleur rose en jaune citron.

La recherche de la saponarine par les mêmes méthodes chez les autres espèces de *Mnium*, *M. affine*, *M. punctatum*, *M. undulatum*, *M. hornum* et chez d'autres Mousses (*Bryum*, *Hypnum*, *Polytrichum*, *Fontinalis*, *Funaria*, *Fissidens*) ne donne que des résultats négatifs.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 16 août 1921.)

Note de M. *Paul Vuillemin,* Un nouveau Champignon parasite de l'Homme, *Glenospora gandavensis :*

Page 378, ligne 2, ajouter entre Curt., et auparavant : d'après une espèce; *au lieu de* ballotté, *lire* ballottée; ligne 3, *au lieu de* nommé, *lire* nommée.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de juillet 1921.

Le collège Mazarin et le palais de l'Institut, par Henry Lemonnier. Paris, Hachette, 1921; 1 vol. 27^{cm}.

Essai de Philosophie biologique. La genèse de l'énergie psychique, par J. Danysz. Paris, J.-B. Baillière, 1921; 1 vol. 23^{cm}. (Présenté par M. A. Laveran.)

Espace, temps et gravitation, par A.-S. Eddington, traduit de l'anglais par J. Rossignol. Paris, Hermann, 1921; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. Borel.)

Un secteur médico-chirurgical de l'intérieur, par le Dr Fernand Ledé. Paris, Berger-Levrault, 1921; 1 fasc. 26^{cm}. (Présenté par M. Laveran.)

Flore générale de l'Indo-Chine, publiée sous la direction de M.-H. Lecomte, rédacteur principal : F. Gagnepain. Tome II, fasc. 7 : *Myrtacées* (fin), *Mélastomacées*, *Lythracées*, *Punicacées*. Paris, Masson et Cie, 1921; 1 vol. 24^{cm}.

Rôle des colloïdes chez les êtres vivants. Essai de Biocolloïdologie, par Auguste Lumière. Paris, Masson et Cie, 1921; 1 vol. 19^{cm}.

Pressions dans les eaux courantes et force de suspension, par B. Angheloff. Extrait du *Recueil de l'Académie bulgare des Sciences*, vol. XIV. Sofià, 1921; 1 vol. 27^{cm}.

(*A suivre.*)